昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*，February 2002，45（1）：86－90 ISSN 0454-6296

不同温度下白蜡虫花翅跳小蜂的实验种群生命表

焦　懿，赵　苹

（中国林业科学研究院资源昆虫研究所，昆明　650216）

摘要：在15、18、21、24、27和30℃恒温下，观察了温度对白蜡虫花翅跳小蜂 *Microterys ericeri* 发育、存活和繁殖力的影响，组建了相应温度下的实验种群生命表。白蜡虫花翅跳小蜂全代的发育起点温度和有效积温分别为12.1℃和499.4日•度。27℃时发育历期最短，产卵量、产卵率和卵孵化率最高。24℃时雌虫怀卵量最多，3～5龄幼虫和蛹的存活率最高。6种温度下白蜡虫花翅跳小蜂种群的世代存活率分别为8.5%、25.2%、50.3%、68.2%、49.8%和38.1%。24℃时世代存活率、种群趋势指数、净增殖率和内禀增长力均高于其它温度处理。24℃和27℃时种群加倍时间只需12天。18℃时种群出现负增长，15℃时白蜡虫花翅跳小蜂不产卵，不能繁殖下一代。

关键词：白蜡虫花翅跳小蜂；温度；实验种群；生命表；种群参数

中图分类号：Q968.1　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296（2002）01-0086-05

Experimental population life tables of *Microterys ericeri* at different temperatures

JIAO Yi，ZHAO Ping（The Research Institute of Economic Insects，CAF，Kunming　650216，China）

Abstract: Development，survivorship and fecundity of the experimental populations of *Microterys ericeri* Ishii were observed at 15℃，18℃，21℃，24℃，27℃ and 30℃ respectively and their life tables at these temperatures were presented. The thermal threshold and thermal sum for development of *M. ericeri* were estimated at 12.1℃ and 499.4 day-degrees respectively. The shortest durations were recorded at 27℃ as follows: egg，3.0 d; the 1st～2nd instar larva，5.4 d; the 3rd instar larva，3.2 d; the 4th instar larva，3.5 d; the 5th instar larva，4.1 d; pupa，8.3 d; and the whole generation，27.5 d. The highest survival rates of the 3rd，4th and 5th instar larvae and pupae occurred at 24℃ while the maximal fecundity was observed at 27℃. The generation survival rates were 8.5%，25.2%，50.3%，68.2%，49.8% and 38.1% at 15℃，18℃，21℃，24℃，27℃ and 30℃ respectively. The maximums of the generation survival rate，population trend index，net reproduction rate and innate capacity of natural increase occurred at 24℃. The parasitic wasp failed to complete its life cycle at 15℃.

Key words: *Microterys ericeri*; temperature; experimental population; life table; population parameters

白蜡虫花翅跳小蜂 *Microterys ericeri* 是白蜡虫 *Ericerus pela* 最主要的寄生性天敌，常年造成白蜡损失30%～40%，种虫损失20%～30%，严重时虫蜡无收，对白蜡生产构成极大威胁（姜德全等，1984；朱玮等，1995；焦懿等，1999）。深入研究白蜡虫花翅跳小蜂的生物学和生态学特性有着重要的理论和实际意义。作者应用生命表技术对白蜡虫花翅跳小蜂在不同温度下的实验种群进行了研究，为更深入研究白蜡虫花翅跳小蜂种群系统管理提供基础资料。

1　材料与方法

1.1　试验材料

白蜡虫寄主树为盆栽女贞 *Ligastrum lucid*。白蜡虫种虫采自昆明试验地内，并经严格检查不带寄生蜂。白蜡虫花翅跳小蜂为田间采集一定量2龄蜡虫，在室内收集而得，并用20%蜜糖液饲养于指形管中供试。

1.2　试验方法

将白蜡虫种虫单头挂放在盆栽寄主树上，寄主

基金项目：云南省应用基础基金资助项目（95C110Q）

第一作者简介：焦懿，1963年生，博士，先后发表论文20余篇，现工作单位：深圳出入境检验检疫局

收稿日期 Received：1999-11-10；接受日期 Accepted：2000-07-05

树用纱网罩住，以防白蜡虫被捕食或寄生，让其自然生长发育。待白蜡虫定杆结束后，将白蜡虫花翅跳小蜂配对接入网内，让其自由产卵寄生，24 h 后除去跳小蜂成虫，检查白蜡虫被寄生情况。将被寄生的白蜡虫连同寄主树一起移到设置不同温度（±0.5℃）的人工气候室中，每天检查 1 次其体内白蜡虫花翅跳小蜂的发育、化蛹和羽化情况，记录不同温度下各虫态的存活率和发育历期，收集不同温度下羽化的成虫，雌雄配对，供给蜜糖液作补充营养，继续观察其在该温度下成虫的逐日存活率和产卵量。卵期观察寄生蜂头数≥50 头，1～5 龄幼虫和蛹期观察数≥20 头，成虫期为 10 对。

1.3　生命表的组建及种群参数估计

参考 Harcourt（1969）、Morris 等（1970）和庞雄飞等（1995）的方法，计算生命表参数，组建白蜡虫花翅跳小蜂实验种群生命表。种群趋势指数（I）按庞雄飞等（1995）的方法计算。种群净增殖率（R_0）、世代平均周期（T）、内禀增长力（r_m）、周限增长率（λ）和种群加倍时间（t_d）按徐汝梅（1987）的方法计算。

2　结果与分析

2.1　温度对白蜡虫花翅跳小蜂发育、存活和繁殖力的影响

2.1.1　温度对白蜡虫花翅跳小蜂发育的影响：温度对白蜡虫花翅跳小蜂的发育历期有显著影响。在 27℃恒温下，该蜂的发育历期最短。30℃时白蜡虫花翅跳小蜂的发育历期长于在 27℃下的相应值，说明高温不利于该蜂的发育（表 1）。

表 1　白蜡虫花翅跳小蜂在不同温度下的发育历期（天）*

Table 1　Duration of *Microterys ericeri* at different temperatures（days）

温度（℃） Temperature	卵 Egg	幼虫 Larvae					蛹 Pupae	全代 Generation
		1st～2nd	3rd	4th	5th	1st～5th		
15	13.2±0.8	15.2±1.3	9.5±0.8	10.6±0.8	13.1±1.2	48.4±3.3	38.2±2.7	99.7±8.4
18	7.9±0.4	11.6±0.8	7.1±0.6	7.9±0.5	9.6±0.9	36.2±2.7	25.4±1.4	69.6±4.3
21	5.3±0.4	9.1±0.8	5.3±0.4	6.0±0.5	6.9±0.6	27.3±1.5	16.9±0.9	49.5±2.6
24	3.4±0.2	6.2±0.5	3.6±0.3	4.0±0.3	4.7±0.6	18.4±0.9	11.5±0.6	33.3±1.6
27	3.0±0.2	5.4±0.6	3.2±0.3	3.5±0.4	4.1±0.3	16.2±0.9	8.3±0.4	27.5±1.3
30	3.1±0.2	5.5±0.4	3.3±0.4	3.8±0.5	4.2±0.3	16.7±1.0	9.1±0.9	29.0±1.5

* 表中数据为平均数±标准误，下同

The data in the table are mean ± *SE*. The same for the following tables

根据表 1，计算出白蜡虫花翅跳小蜂各虫态的发育起点温度分别为卵，11.4℃；1～2 龄幼虫，8.6℃；3 龄幼虫，9.1℃；4 龄幼虫，9.1℃；5 龄幼虫，9.7℃；蛹，12.1℃；有效积温分别为卵，49.5 日•度；1～2 龄幼虫，105.6 日•度；3 龄幼虫，60.2 日•度；4 龄幼虫，67.9 日•度；5 龄幼虫，74.6 日•度；蛹，141.6 日•度。全代的发育起点温度和有效积温分别为 12.1℃和 499.4 日•度。

2.1.2　温度对白蜡虫花翅跳小蜂存活的影响：温度对白蜡虫花翅跳小蜂存活率的影响因发育期不同而异。27℃时卵的孵化率最高，为 91.6%，15℃时只有 41.2%。15℃和 18℃时 1～2 龄幼虫存活率明显低于 21～30℃时的存活率。3～5 龄幼虫存活率以 24℃为最高。21℃和 24℃时蛹的存活率高于其它温度处理。各温度处理下的世代存活率分别为 15℃，8.5%；18℃，25.2%；21℃，50.3%；24℃，68.2%；27℃，49.8%和 30℃，38.1%。白蜡虫花翅跳小蜂在 6 种温度处理下的世代存活率呈抛物线趋势，经拟合，符合下列抛物线方程：

$$S = -312.0071 + 30.4702t - 0.6264t^2$$

式中 t 为试验温度；S 为世代存活率（%）。

当环境温度为 24.3℃时，白蜡虫花翅跳小蜂实验种群的存活率最高，其理论存活率为 58.5%。各温度处理下的存活曲线见图 1。

2.1.3　温度对白蜡虫花翅跳小蜂繁殖力的影响：15～30℃ 6 个温度处理下，成虫的平均怀卵量分别为 8.2 粒、16.4 粒、22.4 粒、26.3 粒、23.4 粒和 20.6 粒，以 24℃时最高。27℃时产卵量和产卵率高于其它温度处理。15℃时不产卵。产卵天数以 30℃时最短（表 2）。从表 2 可以看出 24～27℃为白蜡虫花翅跳小蜂繁殖的最适温区，此温区内雌蜂的平均怀卵量、产卵量和产卵率均高于其它温区。

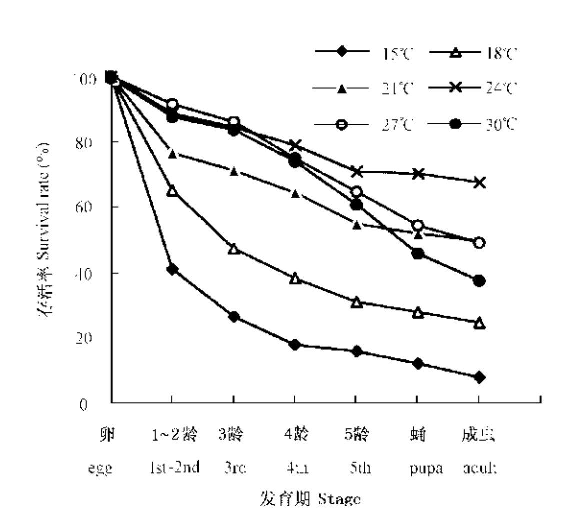


图1 白蜡虫花翅跳小蜂在不同温度下的存活曲线

Fig. 1 Survival curves of *M. ericeri* at different temperatures

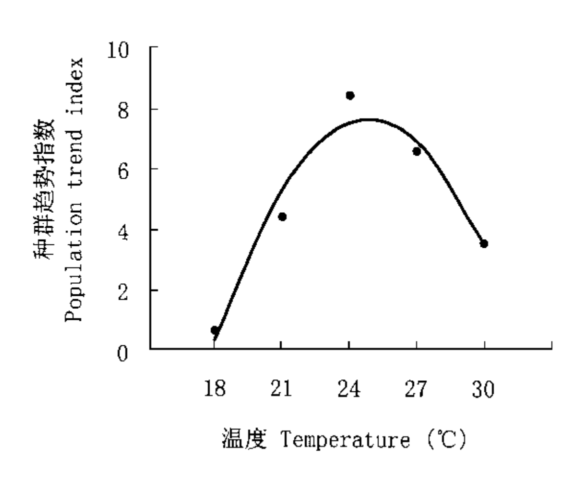


图2 白蜡虫花翅跳小蜂种群趋势指数与温度的关系

Fig. 2 The relationship between population trend index of *M. ericeri* and temperatures

表2 不同温度下的白蜡虫花翅跳小蜂雌虫繁殖力

Table 2 Fecundity of *M. ericeri* at different temperatures

温度（℃）Temperature	观察虫数（头）Number of adults tested	产卵量（粒）Number of eggs laid	剩余卵量（粒）Number of eggs remained	合计（粒）Total	产卵率（%）Oviposition	产卵天数（天）Oviposition period (days)
15	18	0	8.2±1.8	8.2±2.1	0	–
18	25	4.6±0.8	8.8±2.0	16.4±3.3	27.8	9.8±2.7
21	31	14.7±2.5	7.6±0.9	22.4±4.3	65.9	11.0±1.5
24	28	21.4±3.9	5.0±0.9	26.3±4.2	81.2	10.0±2.6
27	32	22.2±3.0	1.2±0.7	23.4±5.2	94.7	8.4±1.9
30	29	15.7±1.9	7.0±1.0	20.6±3.2	76.0	6.4±1.7

温度低于21℃或高于30℃对白蜡虫花翅跳小蜂发育不利，导致雌蜂怀卵量减少，产卵量和产卵率降低。27℃时雌蜂的产卵量为18℃时的4.9倍。

2.2 不同温度下的白蜡虫花翅跳小蜂实验种群生命表

环境温度对白蜡虫花翅跳小蜂存活和繁殖有显著影响。根据不同温度处理下各发育期存活和成虫繁殖力资料，组建了白蜡虫花翅跳小蜂的实验种群生命表（表3）。表中白蜡虫花翅跳小蜂各虫态的存活率由实际观测值计算而得；雌虫百分率为田间调查资料；标准卵量根据雌虫最大产卵量确定；达标准卵量百分率的计算方法参见庞雄飞等（1995）。

种群趋势指数对研究种群数量变化具有重要意义。由表3可以看出，白蜡虫花翅跳小蜂种群趋势指数（I）与试验温度（t）的关系呈抛物线趋势，可用下列方程拟合：

$$I = -87.6739 + 7.6688t - 0.1542t^2$$

对方程求导数并令其为0，解得 $t = 24.9$，此时 I 取得最大值7.65；即在24.9℃下，经过一个世代后，种群数量达到原来的7.65倍（图2）。

2.3 不同温度下的白蜡虫花翅跳小蜂种群参数

根据观察资料，组建了18、21、24、27和30℃ 5种温度条件下的种群生殖力。计算出种群的净增殖率（R_0）、世代平均周期（T）、内禀增长力（r_m）、周限增长率（λ）和种群加倍时间（t_d）。结果表明，在18~27℃温度范围内，世代平均周期随温度升高而缩短。但30℃的 T 值稍长于27℃。24℃和27℃的周限增长率（λ）较大，均为1.06。18℃时 $\lambda < 1$，表明种群在此温度下不会增长。种群加倍时间（t_d）与周限增长率（λ）相反。种群净增殖率（R_0）与内禀增长力（r_m）变化趋势相似，24℃时 r_m 和 R_0 的观察值最大（表4）。以抛

表 3　不同温度下的白蜡虫花翅跳小蜂实验种群生命表

Table 3　Experimental population life tables of *M*. *ericeri* at different temperatures

发育期 Stage	进入各发育期虫数 Number of individuals at the beginning of different stage					
	15℃	18℃	21℃	24℃	27℃	30℃
卵 egg	100	100	100	100	100	100
幼虫 larvae						
1~2 龄 1st~2nd instar	41.2	65.5	76.7	89.0	91.6	87.7
3 龄 3rd instar	26.7	47.7	71.5	83.3	86.3	83.8
4 龄 4th instar	18.2	38.6	64.8	78.0	75.2	74.3
5 龄 5th instar	16.3	31.5	55.3	70.2	65.0	61.1
蛹 pupae	12.7	28.4	52.4	69.7	56.8	46.3
成虫羽化数 emergence numbers	8.5	25.2	50.3	64.9	49.7	38.1
性比（6:4）sex ratio	5.1	15.1	30.2	38.9	29.8	22.9
产卵量 number of eggs laid	0	4.6	14.8	21.4	22.2	15.7
种群趋势指数 population trend index	0	0.69	4.46	8.32	6.62	3.59

表 4　白蜡虫花翅跳小蜂在不同温度下的种群参数

Table 4　The population parameters of *M*. *ericeri* at different temperatures

温度（℃） Temperature	净增殖率（R_0） Net reproduction rate	世代平均周期（T，day） Average generation period	内禀增长力（r_m） Innate capacity of increase	周限增长率（λ） Finite rate of natural increase	种群加倍时间（t_d，day） Time for doubling population
18	0.70	83.21	-0.00	1.00	-
21	4.58	61.28	0.02	1.03	27.91
24	11.31	42.62	0.06	1.06	12.18
27	6.15	32.17	0.06	1.06	12.28
30	2.35	35.94	0.02	1.02	29.16

物线方程拟合观察值，结果如下：

$$R_0 = -119.5045 + 10.5391t - 0.2162t^2$$

$$r_m = -0.7296 + 0.06236t - 0.001238t^2$$

当环境温度为 24.4℃时，种群净增殖率（R_0）取得理论上的最大值 8.94；环境温度为 25.2℃时，内禀增长力（r_m）取得理论上的最大值 0.06。

3　讨论

白蜡虫花翅跳小蜂是对白蜡生产危害最为严重的一种寄生蜂。从本试验的结果来看，白蜡虫花翅跳小蜂生长、繁殖的最适温度范围为 24~27℃。我国大部分白蜡产区属于暖温带气候，这正符合白蜡虫花翅跳小蜂对温度的要求，因此，白蜡虫花翅跳小蜂对白蜡虫的危害是相当严重的。生命表方法被广泛用于研究、分析各种因子对昆虫种群数量变动的影响（Varley 等，1970；徐汝梅，1987；庞雄飞等，1995）。本文中作者组建了不同温度下的白蜡虫花翅跳小蜂实验种群生命表，分析了温度对白蜡虫花翅跳小蜂存活和繁殖的影响。从中可以看出，温度是影响白蜡虫花翅跳小蜂种群数量变化的主要因子之一。在不同温度下，白蜡虫花翅跳小蜂各虫态的发育历期、存活率、成虫寿命、产卵量、产卵天数都有明显差异，从而导致种群内禀增长力和种群趋势指数的变化。如在 24℃和 27℃条件下，种群加倍时间只需 12 天左右。30℃时种群增长受到较大制约，种群趋势指数仅为 24℃时的 42.4%，种群加倍时间约 29 天，为 24℃时的 2.4 倍。21℃时白蜡虫花翅跳小蜂的发育历期延长，成虫产卵也受到较大影响，种群趋势指数仅为 24℃时的 52.5%，种群加倍时间约 28 天，为 24℃时的 2.3 倍。18℃对发育历期和产卵量影响更大，种群趋势指数（I）<1，内禀增长率（r_m）<0。种群出现负增长。15℃虽有少数寄生蜂个体能完成发育，但

怀卵量极少，不产卵，不能繁殖后代。这一研究结果在生产实践中也有较大的指导意义。白蜡生产存在一个不争的事实，即蜡区白蜡虫花翅跳小蜂的发生和危害比虫区严重得多，这可以从虫、蜡产区气候差异作出解释。虫区气候一般是夏季比蜡区高，春季升温和秋季降温迅速，适合白蜡虫花翅跳小蜂发生的时间显然短于蜡区。因为春季温度低时白蜡虫花翅跳小蜂种群增长缓慢，夏季高温同样对其种群增长有制约作用，而秋季气温下降很快，种群也难以增长到较高水平。

参 考 文 献 （References）

Harcourt D G，1969. The development and use of life tables in the study of natural insect population. *Ann. Rev. Entomol.*，14：175～196.

Jiang D Q，Xia M J，Li W R，1984. Study on *Microterys ericeri* Ishii（Hymenoptera：Encyrtidae）. *Acta Entomol. Sin.*，27（1）：48～55.［姜德全，夏木俊，李文荣，1984. 白蜡虫花翅跳小蜂的研究. 昆虫学报，27（1）：48～55］

Jiao Y，Zhao P，1999. Studies on the natural enemy communities of white wax insect in the period of secreting white wax. *Acta Ecol. Sin.*，19（5）：732～736.［焦 懿，赵 苹，1999. 白蜡虫泌蜡期天敌群落的研究. 生态学报，19（5）：732～736］

Morris R F，Fulton N C，1970. Models for the development and survival of *Hyphantria cuneu* in relation to temperature and humidity. *Mem. Entomol. Soc. Can.*，70～81.

Pang X F，Liang G W，1995. Control of pest insect population system. Guangzhou：Guangdong Science and Technology Publishing House. 15～24.［庞雄飞，梁广文，1995. 害虫种群系统的控制. 广州：广东科技出版社. 15～24］

Varley G C，Gradwell G R，1970. Recent advance in insect population dynamics. *Ann. Rev. Entomol.*，15：1～24.

Xu R M，1987. Insect Population Ecology. Beijing：Beijing Normal University Publishing House. 97～107.［徐汝梅，1987. 昆虫种群生态学. 北京：北京师范大学出版社. 97～107］

Zhu W，Wu C B，1995. A study on special distribution patterns and population dynamics of *Microterys ericeri* Ishii. *J. Sichuan Univ.*，32（2）：200～206.［朱 玮，吴次彬，1995. 白蜡虫花翅跳小蜂空间分布型及种群动态的研究. 四川大学学报（自然科学版），32（2）：200～206］